

## 没入型ディスプレイにおいて距離感覚に影響を与える

## 要素に関する研究

## Study of Factors of Distance Estimation in Immersive Virtual Environment

柳在鎬†

橋本直己†

佐藤誠†

Jaeho Ryu

Naoki Hashimoto

Makoto Sato

## 1. まえがき

最近、急速なコンピュータグラフィックスの発達により、没入型 VR 環境を体験する機会が増えている。没入型 VR 環境としては米国のイリノイ大学で開発された CAVE を始め[1]、様々な種類の没入型ディスプレイが提案されている。没入型 VR 環境の応用としては、空間の再現能力をいかして、空間や環境を学習する訓練などがある。VR 技術を利用した空間学習訓練の効果は、消防士を対象に VR 空間で学習した知識を利用した救助活動の速度と正確性を比較した実験で証明されている[2]。また、VR 技術を利用した空間認識や認知地図 (mental map) などの研究も行われている。そのひとつは、身体を利用したインタフェースの場合が空間操作能力の増加に効果があることを示している。特に被験者はジョイスティックを利用した条件より、正確な認知地図を持っていることを報告している。さらに、他の研究でも仮想環境が実世界の複雑を表現するに適切であり、建物の複雑な経路の学習に効果的であることから、実物の世界使用が困難な際にはその実空間の代わりに使うことを提案している[3,4]。CG を利用した空間認知については、コンピュータグラフィックスから取得した認知距離の特徴が実空間で得られた距離と類似していることを報告している例がある[5]。これは距離判断を行う際に重要と考えられる視覚的な手がかりが実空間のものと類似しているからであると考えられる。しかしながら、この実験では二つ空間の類似した特徴だけを示して、異なる空間認知に関しては研究されていない。実験条件として 21 インチモニターや視覚以外の情報は使っていないことから、再現されている空間は実空間と相当異なると考えられる。

## 2. 没入型 VR 環境での距離判断

実空間と仮想環境で再現された空間で、体験者の空間認知が同じであるかは疑問である。また、仮想環境空間では実空間と比べて、どのくらい類似した空間認知が行われるかは興味深いところである。ユーザが仮想環境空間で行動する際は、何らかの理由で実空間と異なる感覚が生じることになる。仮想環境での異なる空間認知についてはいくつかの研究があり、その基本的な実験が実空間と仮想空間の距離判断を調べることである。

本実験では実空間と仮想環境での異なる距離感覚の

原因を調べることにする。距離感覚に関する調査は仮想環境で空間のデザインや建物のレイアウトなどを評価する際、実空間との誤差を考慮する時に参考になると考えられる。この実験では現実的な理由で人間の行動範囲が比較的短いことから、長距離より短距離について調べることにする。

仮想環境で行動する際、より早くて長い距離を移動するときに安楽なことから、実験が始まる前の実験仮説として、仮想環境の情報量の欠如から実空間と異なる距離感覚が生じるという仮説をつくる。すなわち、異なる距離感覚は様々な感覚情報の不十分が原因で生じる空間認知から起因すると考えられる。

## 3. 没入型 VR 環境

## 3.1 ディスプレイシステム

今回の実験で、被験者に仮想世界を提示するシステムとして、東京工業大学で開発されたマルチプロジェクション D-vision を利用した[6]。このシステムは縦横 6.3MX4.0M のスクリーンで、周辺部が曲線で構成されていることから体験者に視野角 180 度の映像が提示可能である。また、マルチプロジェクションを利用することで高解像度の映像が提示可能である。さらに、中心部と上下のスクリーンは一領域あたり二つのプロジェクターが担当することで立体視を実現している。

## 3.2 移動インタフェース

仮想環境での移動においてはジョイスティックを利用する。被験者はジョイスティックのバーの傾けを調節することにより移動速度を変化することが可能である。これは急激なスタートや停止を防ぐためである。

## 4. 実験方法

## 4.1 距離判断

距離判断に関する実験ではいくつかの距離測定方法がある。その中で代表的な方法が Magnitude Estimation 方法と Verbal Report 方法がある。今回の実験ではより多くの距離感覚を調べるために口頭報告方法を利用した。

被験者にはスタートポイントから視覚情報だけを利用してある距離を歩くように指示する。その際、被験者は自分が持っている距離感覚を利用して指示された距離を歩くことになる。当然ながら指示された距離と実際に歩いた距離では誤差があり、実空間と仮想環境で現れた距離判断の誤差は分析の対象になる。これは二つの空間での距離認知の差を調べるためである。実験中、被験者は視覚情報以外に時間や歩行数の計算はしないように指示された。

† 東京工業大学、精密工学研究所

## 4.2 実験環境

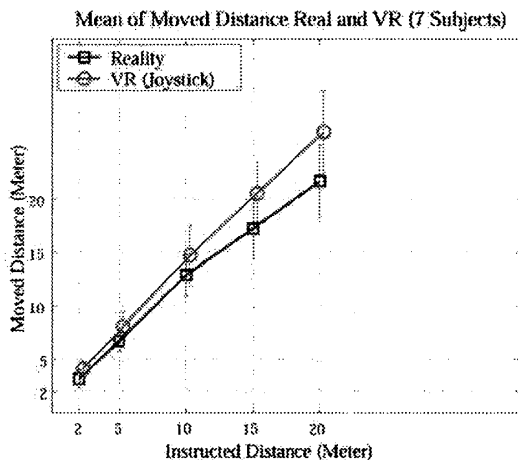
実空間と仮想空間での距離判断の比較においては余裕空間、費用などの制限で実験空間を実際に制作するのは容易ではない。したがって、以前から他の研究では既存の空間を使用している。今回も実験を行うためにD-visionの部屋の隣にある廊下を実験空間として使う。廊下は約30Mの距離をもっている。また、仮想環境の部屋に近いところにあるので被験者の移動が便利である。

## 5. 実空間と仮想空間での距離判断

まず、実空間と仮想空間での距離感覚については移動距離判断を通じて調べる。被験者は2, 5, 10, 15, 20Mを歩くように指示され、その歩いた距離を記録する。そのときに経過時間や歩行数を数えないように注意する。

その結果は仮想環境での距離感覚は実空間と比べて20%–40%過小評価されていることがわかる。この結果は実験仮説である仮想環境での感覚情報の欠如が異なる距離感覚を生み出すことを示す。また、実空間と仮想空間での距離判断の差は初期段階で大きく現れたが、これは移動を始める行動での感覚差がより大きいことから起因すると考えられる。

仮想環境での距離感覚に影響を与える要素としては、ディスプレイの大きさによるFOVや感覚を媒介とするインタフェースが上げられるが、今回の実験ではその影響力が大きいと考えられるイメージの解像度について調べる。

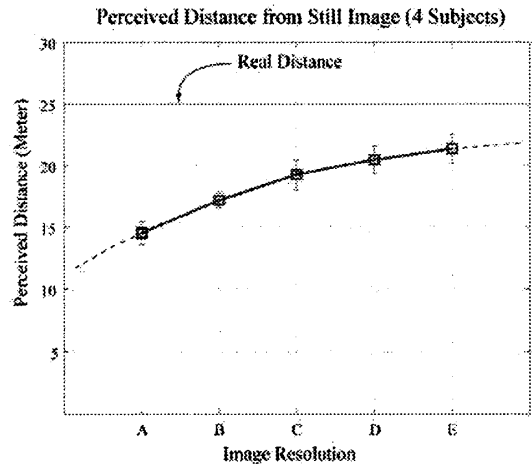


## 6. 解像度による距離感覚

### 6.1 静止映像での距離感覚

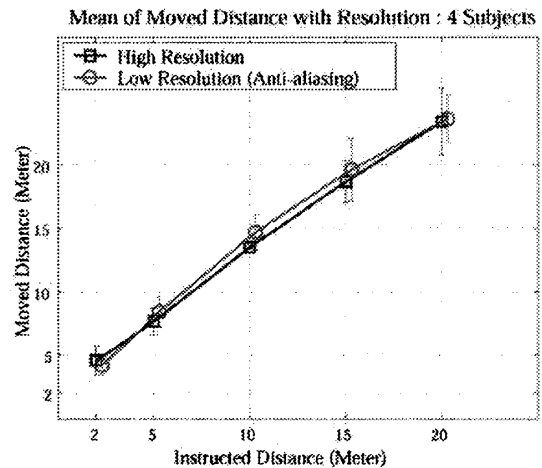
今回は静止映像状態での解像度変化による距離感覚の変化を調べる実験を行う。被験者には25Mの廊下を見せた後、仮想環境内で同じ廊下を再現した映像で感じた距離を答えるように指示した。その際、イメージの解像度は5段階でランダムに変えながら実験を行う。その実験結果は被験者が高解像度でより奥行きを感じることを示している。システム最大解像度のE条件で認知距離が21.4Mで実空間での距離感覚の86%に近くなることがわかる。これはイメージの解像度が高くなるにつれて距離を判断する手がかりが増え、より長い奥行き感を感じることでありと考えられる。この結果は

情報量の欠如が距離を短く感じるようになるという最初の実験仮説と一致することである。



### 6.2 移動映像での距離判断

今回は移動時の仮想環境でイメージの解像度を変化した際の距離感覚を調べる。この実験では解像度の条件は高解像度と低解像度の二つ条件で行う。その結果、低解像度で距離の過小評価が現れた。すなわち、低解像度で長い距離を短く感じることであり。



[参考文献]

- [1] C. Cruz-Neira, D. Sandin, and T. A. DeFanti. "surround-screen projection-based virtual reality: The design and implementation of the cave". *Proceeding of ACM SIGGRAPH'93*, pages 135–142, January 1993.
- [2] J. P. Bliss and P. D. Tidwell. "The effectiveness of virtual reality for administering spatial navigation training to fire fighter". *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(6):73–86, 1997.
- [3] D. Waller, E. Hunt, and D. Knapp. "The transfer of spatial knowledge in virtual environment training". *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 2(7): 129–143, 1998.
- [4] B. G. Witmer, J. H. Railey, and B. W. Knerr. "Virtual spaces and real world places: transfer of route knowledge". *Int. J. Human-Computer Studies*, pages 413–428, 1996.
- [5] 藤井秀夫, 乾敏郎 "CG空間内の移動距離評定特性", 電子情報通信学論文誌), D-2, J74-D-2 (4):543–549, 1991.
- [6] J. H. Ryu, N. Hashimoto, S. Hasegawa, and M. Sato. "Developing an immersive multi-projection system with hybrid screen". *International Conference on Artificial Reality and Telexistence 2002*, pages 22–29, January 2002.